

スマート工場検討WG検討状況

2022/3/17

国立研究開発法人情報通信研究機構

ネットワーク研究所 ワイヤレスネットワーク研究センターワイヤレスシステム研究室

板谷 聡子

WGメンバーリスト(32名)

所属機関	氏名
NICT	板谷 聡子
	大堀 文子
	大須賀 徹
サイレックステクノロジー	山田 喜之
	香川 忠與
富士通	長谷川 淳
	後藤 雅之
NEC	中島 健智
	大西 健夫
	藤本 剛
	加藤 凜太郎
	塚越 努
村田機械	富田 尚孝
ATR	長谷川 晃朗
	宮本 進生
	大西 綾乃

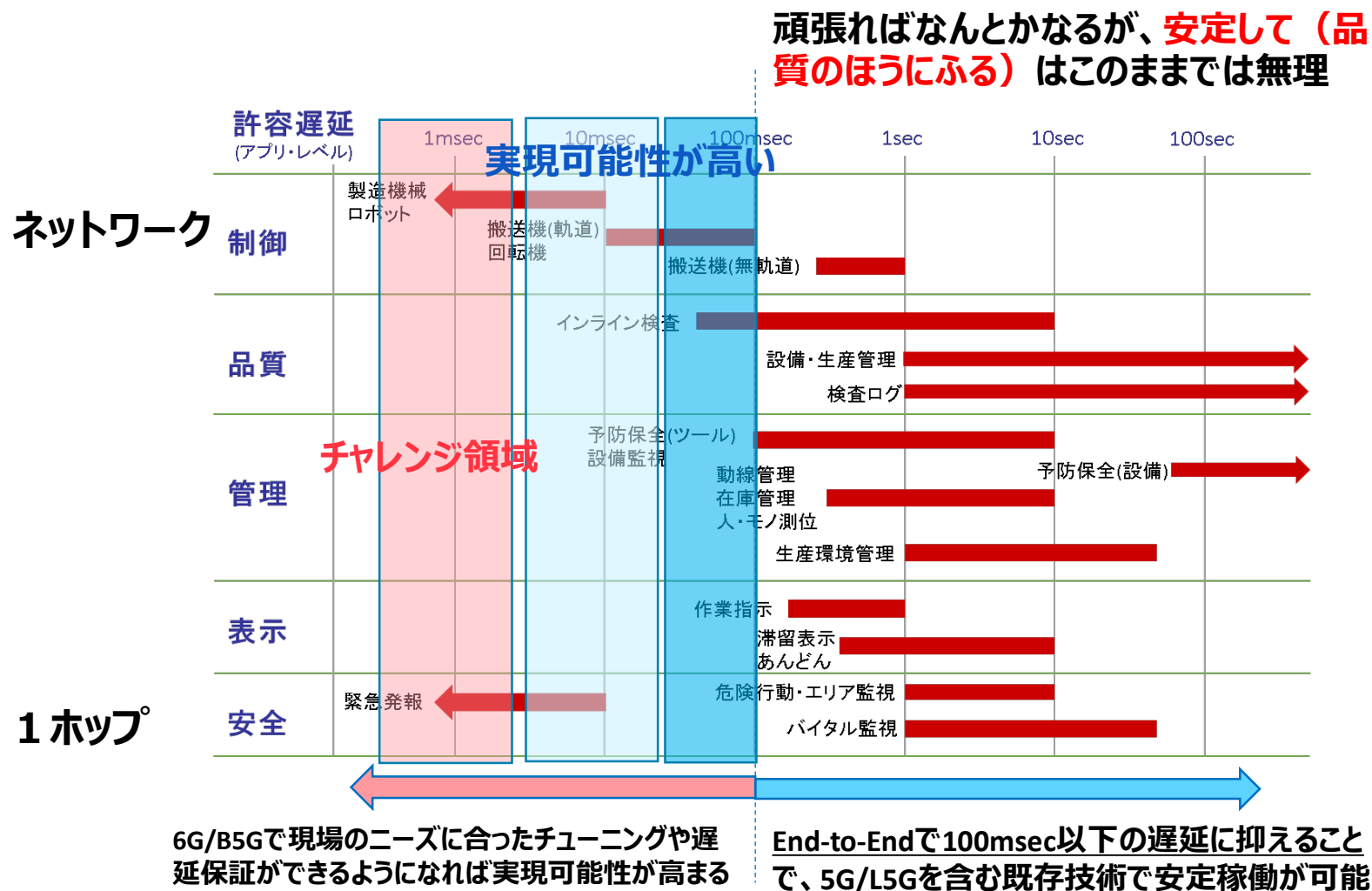
所属機関	氏名
オムロン	山田 亮太
サンリツオートメイション	尾関 敦
	雨海 明博
	青木 信也
	大野 悟
構造計画研究所	西浦 升人
	滝 勇太
	桐山 水響
	井下 貴仁
	堀端 研志
NTTドコモ	宮田 拓史
	鈴木 幹人
	清水 宣暁
ソフトバンク	佐野 弘和
PwC	下山 智央
	平 哲弥

目次

1. 6G/B5Gに向けて求められるユースケースとアーキテクチャ
 - ・ 初期顧客ではなく潜在顧客のニーズをいかに掘り出すか
2. 産業分野横断的に取り組むべき課題
 - ・ ニーズと課題ごとの連携先および連携手法の整理
3. B5G時代を見据えた課題
 - ・ 速さ（低遅延）と容量のみでない満たすべきものの明確化
4. 人材育成の課題
 - ・ 企業の事業計画が3年、標準化にかかる時間が5年、10年と時間スケールにギャップがある中で、企業において標準化にかかわる方の評価を納得あるものに変えていく方法の検討
5. その他
 - ・ その他スマート工場の普及、標準化・知財取得の推進に向けた運用上の課題

6G/B5Gに向けて求められるユースケースとアーキテクチャ

スマート工場で利用が想定されるアプリケーション



想定されるユースケース全体の整理

これまで収集した154個のユースケースから分析

- **すでにできている（120個）**
 - すでに各社個別で実施
- **ちょっと工夫したらできる（12個）**
 - 競争領域
 - すでに個社でビジネスの戦略が固まっている内容は情報として出しづらく、新たなパートナーリングは困難
 - 閉じたグループ化（パートナーリング）ができれば協力・加速
- **実現するには大きな課題が存在する（22個）**
 - みんなで団結して進めていくため少し未来を共有することが必要
 - 必須特許を取るだけがビジネスではなく標準化との使い分けが重要

実現するには大きな課題が存在するユースケース

- 性能および機能のいずれかまたは両方の観点で難易度の高い課題が残されている

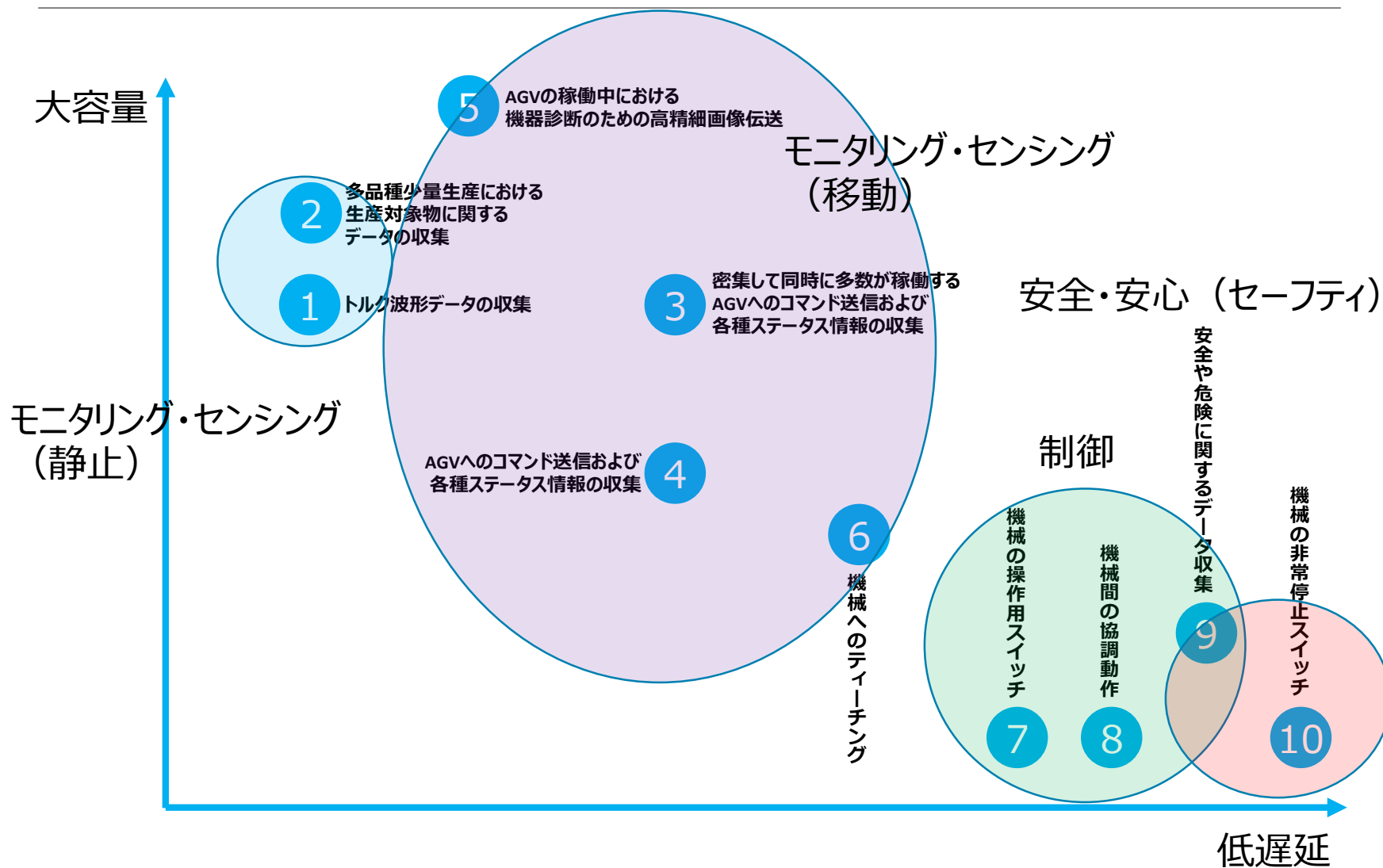
本ワーキングで想定する範囲



No.	ユースケース	要求される性能			要求される機能		
		大容量	高信頼 低遅延	多端末	高精度 時刻同期	高速移動体 対応	マルチ ホップ通信
1	トルク波形データの収集	○		○			
2	多品種少量生産における 生産対象物に関するデータの収集	○		○			
3	密集して同時に多数が稼働する 高速移動AGVへのコマンド送信および 各種ステータス情報の収集		○	○		○	
4	高速移動AGVへのコマンド送信および 各種ステータス情報の収集		○			○	
5	高速移動AGVの稼働中における 機器診断のための高精細画像伝送	○			○	○	
6	機械へのティーチング		○				
7	機械の操作スイッチ		○○				○
8	機械間の協調動作		○○				○
9	安全や危険に関するデータ収集		○○○				
10	機械の非常停止用スイッチ		○○○				

* 水色線より下は、法律・制度などの制約の課題への影響が大きい

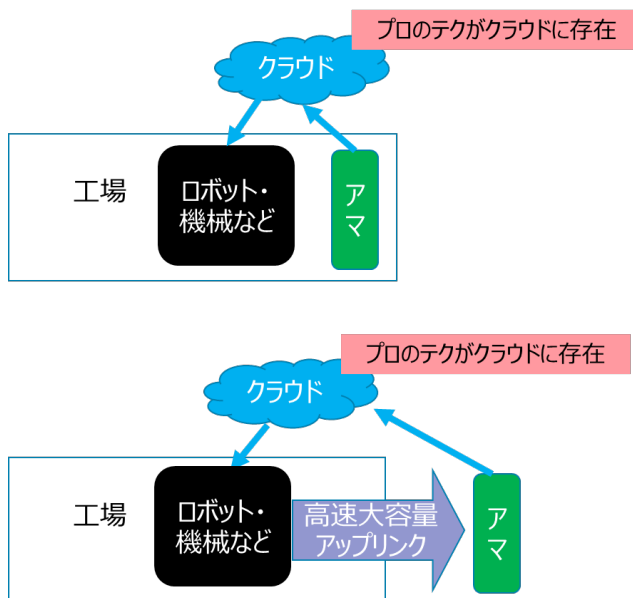
実現するには大きな課題が存在するユースケース



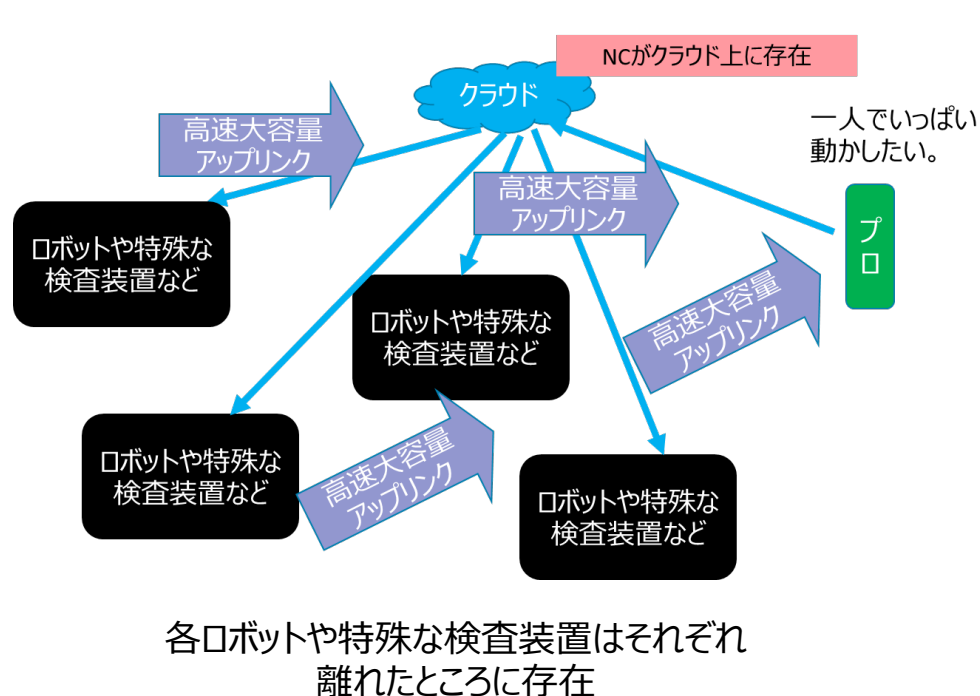
その他、大容量と多数接続や大容量と信頼性など複数の軸で分析予定

想定されるアーキテクチャ

非熟練工の支援



熟練工の支援



自動運転+テレオペレーション（それぞれの比率がアプリで違う）

関連システムのこれまでの導入動向・研究開発との違い

- 無線のカメラが急激に増えている
 - 遠隔監視
 - わざわざ行かなくても見える（場所が離れているから）
 - いろんなところの情報が一括で見える（いろんなところを同時に見る）
 - AIカメラ（部品のつけ忘れを画像から判別する）
 - 見てるぞアピール（緊張感）
 - 実際のところ
 - 見てない（ついてるだけ）（防犯カメラ的）
 - 録画して何かあった時に見返す
- これまでの遠隔制御に関する研究との違い
 - 古いものと新しいもの、他のシステムの混在を常に意識することが必要
 - “どこで何の処理ができるか・するか”を実装の視点で分るようにすることが必要
 - トラブル（安全基準も含めて）を全部想定することが必要
 - 製品を作るときには規格（通信以外の規格）の変更が必要

動画を本格的に利用するためには、ネットワークのボトルネックを考えないとだめ
（有線でも無線でも）

潜在顧客のニーズをいかに掘り出すか

- 潜在顧客との対話の場をいかに作っていくかが重要
 - 通信技術・ネットワーク技術におけるユーザーインサイトを実現するためのワークショップの開催
 - WGにおけるテーマを決めた意見交換会の実施



ターゲットとなるB2B事業の明確化



WGで立てた仮説の確認・再構築

ニーズ発掘のための連携先候補

- 5G利活用型社会デザイン推進コンソーシアム(5G-SDC)
- ロボット革命・産業IoTイニシアティブ協議会→ 3月17日に意見交換を予定
- 工場IoT推進団体インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブ

産業分野横断的に取り組むべき課題

単独の企業ではPayできないが、やらないと今後の事業で全員損をする

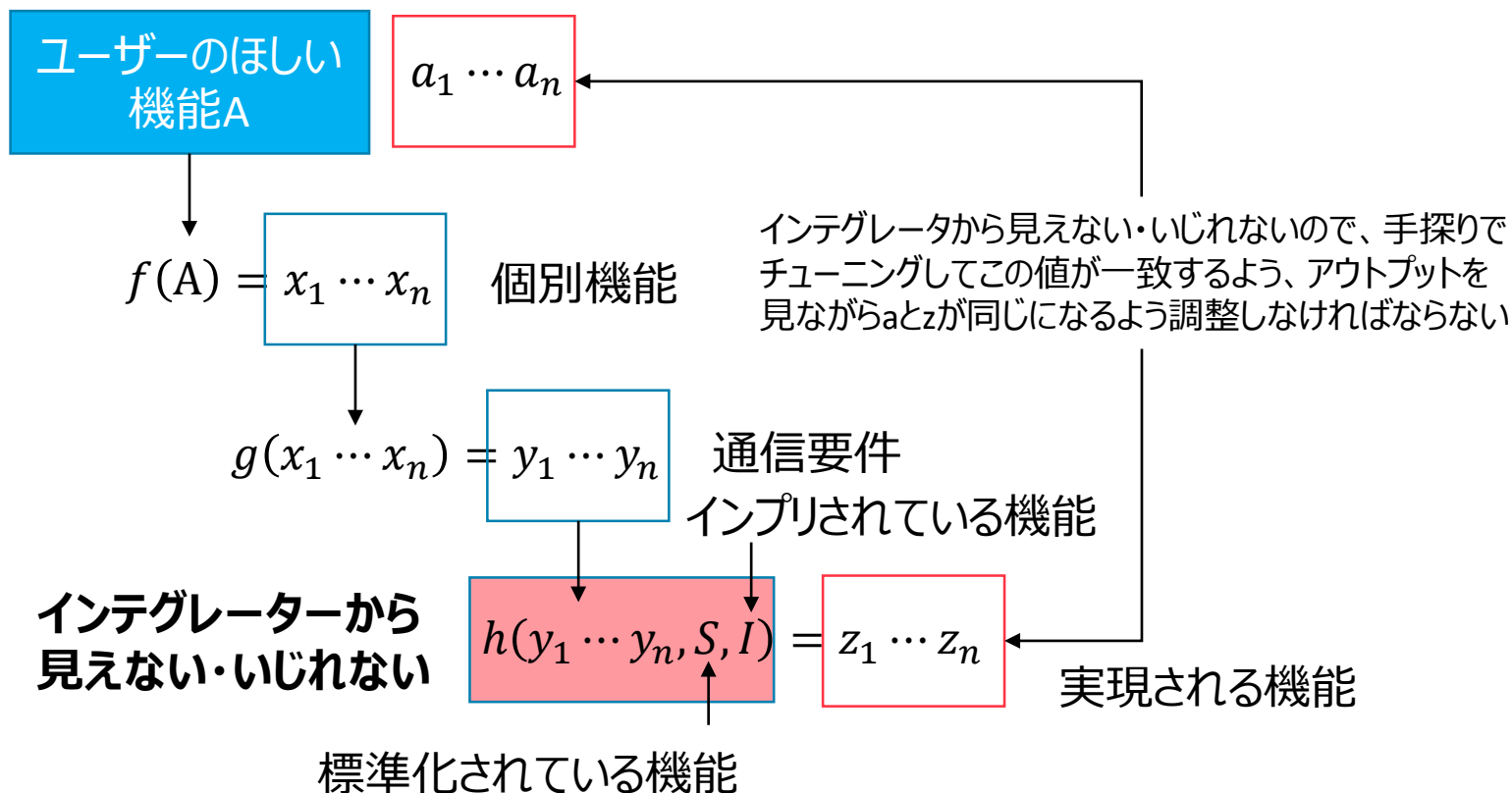
- 課題の明確化
 - それぞれ何ができていて何ができていないか？どのレベルでできているのか？どうすれば実現可能なのか？などを洗い出す
- ステークホルダーの明確化
 - それぞれの課題に対するステークホルダーは誰か？誰と誰が組めばWin-Winになるのかを洗い出す
- 効果の明確化
 - 各ステークホルダーの視点で効果を明確にする



- 必要なインターフェース・メッセージフォーマット・パラメータの定義
- 必要なインターフェースの実装
- 必要なパラメータの解放

B5G時代を見据えた課題

実現したい機能から標準化へのマッピング



- 標準化されている機能・インプリされている機能がわかれば $h(y_1 \cdots y_n, S, I)$ の推定がある程度可能。
- 関数の中のいじれるパラメータがわかればベター。
- 見えない・いじれない部分がオープンになるのがベスト。

6 G、B5Gに向けて必須の技術

- 「道具立て」は一定程度用意されている（3GPPで様々な機能が定義されている）
 - 例）URLLC（低遅延の実現），大容量トラフィックへの対応



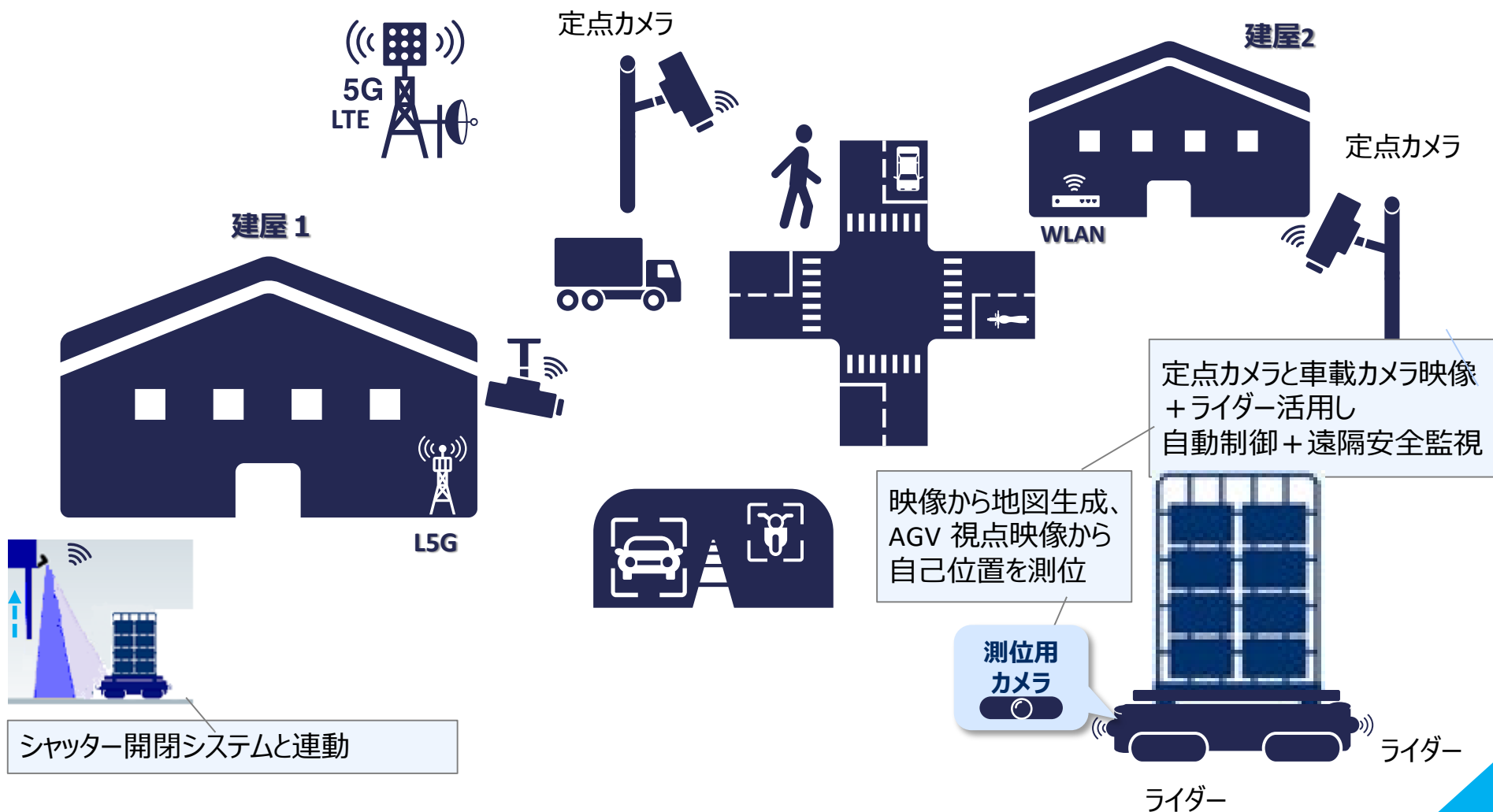
- これらの「道具」が実際に利用する際，十分にうまく使えるようになっているのか？
（技術自体の話，運用での話，制度の話，…）
- 実際の現場では，「1つのトラフィックだけ流せばよい」ということではない．共用，使い方の切り替えなどが必要
 - 必要な時に大容量の上りリンクを確保することができること
 - 必要な時に遅延保証のされた下りリンクが確保できること
 - …

今後WG内で議論を深めていきたいポイント

今の3GPPで定義されているか？（URLLCの高度化で十分なのか不十分なのか？）
今のシステムに実装されているか？
今後実装される見込みがあるか？

具体例を軸に必須機能の抽出・現在の標準化動向・実装状況を分析

AGVの自動運転+テレオペレーションに必要な技術



自動運転＋テレオペレーションに必要な技術の洗い出し（１）

技術	内容	全体の課題	システム導入における妥協のポイント	妥協の仕方	考えられる研究課題
外部ネットワークへの接続	工場の外から制御する場合、外部ネットワークへの接続と、相互にデータのやり取りが必要	内部ネットワークには新旧の機器が混在して存在するため、外部ネットワークに接続できない	外部ネットワークへの接続をどうするか	- 工場内ネットワークから外部ネットワークへの接続は禁止。 - サービス提供用の別系統のネットワークを準備	- 外部ネットワークとしてALL光のネットワークが必要 - 様々な状態のシステムが混在する環境でも規定レベルの安全性が担保するセキュリティ技術
周辺障害物検知	ライダーや内蔵カメラ、外部定点カメラを利用した周辺の障害物(車両、人)検知	障害物の誤認識の削減	安全に走行できること。(但し安全のための停止回路はAGV側に搭載すると思われるので、無線通信は関係ないかも?)	- 有軌道へ変更。 - 専用の走行車線を作る。(障害物が急に入ってこない環境にする)	-
		物体種別の認識	障害物にぶつからないこと。モノが何かは関係ないので識別は重要ではない。イレギュラーな物体かどうかは判断できるというよりはしない。が、無くても「ぶつからない」のであれば問題なし。	物体、障害物の有無の認識のみ。種別判定はしない。	-
		瞬時処理(100msec以内)	障害物にぶつからないこと。ぶつかってもすぐに復帰できること。100msで30cm進む。それでぶつかるなら使えない。安全面なので妥協不可。(但し安全のための停止回路はAGV側に搭載すると思われるので、無線通信は関係ないかも?)	- 瞬停できる速度での走行。 - ぶつかってもお互い壊れない、怪我しない速度での走行。	-
位置測位	屋内及び屋外の位置を特定	絶対位置の把握	止まるべき位置で止まり、曲がべき場所で曲がること。無軌道自動走行が視野なら必要。	- 走行車線の幅の拡張。(誤差10cm未満) - 有軌道へ変更。(誤差10cm以上)	- 精度の高い自己位置測位もしくは精度の高い位置推定 - 外部からの確実な位置情報の伝達を可能にする通信技術
		搭載物自動移載のための停止位置調整	搭載物を自動で移載するか、人の手で移載するかによる。自動なら数cm以内が必要。(有軌道でならA社で実績あり)	- 誤差が許容できる移載装置への改造。 - 有軌道の混在。(大雑把な移動は無軌道、停止位置は有軌道) - 最後の位置調整は人が行う。	位置推定を画像認識で動作させる為に、VGA/15FPSレベル、遅延100msec以内の動画伝送を可能にする通信技術

自動運転＋テレオペレーションに必要な技術の洗い出し（２）

技術	内容	全体の課題	システム導入における妥協の ポイント	妥協の仕方	考えられる研究課題
リアルタイム動画伝送	リモートから現場の映像をリアルタイムで表示	問題検出時等に、360度カメラ等で周囲の物体を監視する	安全に遠隔運転できること、危険を察知できること。遅延100ms以下。障害物、危険物を判別できる解像度。	1. 画質を下げる。 2. 画角を絞る。 3. 運転速度を落とす。 4. トラブル時は人が運転する。	・ リアリティのある数の無線システムが混在する環境下での2K/30FPSレベル遅延100msec以下の動画通信、制御用通信の到達時間保証の両立および動的変更
リアルタイム制御	リモートから現場の機器をリアルタイムで制御(手動)	画面の文字やキーボードがリモートで解読可能であること	安全に遠隔運転できること、即座に停止できること。遅延100ms以下。	1. 運転速度を落とす。 2. トラブル時は人が運転する。	
設備連携	現場にある設備(シャッターやロボットアーム)や信号等との連携	PLC等で設備の管理システムやロボットアームとの連携	設備を動かせること。動かせるなら産業用イーサネット（CCLink-IE、Ethernet/IP、EtherCATなど）は必須ではない。	・ Ethernetコマンドでの制御。	—
			設備が運転できること。RT制御が必要でなければ遅延、ジッタはある程度許容が可能。非常停止が必要なら低遅延は必須。	1. プログラムNo等で固定動作が行えるよう設備側を改造。 2. 早めの制御（事前にシャッター開閉、信号機を青点灯しておくなど） 3. 非常停止の要員を現場に立たせる。 4. 運転も含め人が立つ。	・ 制御用通信の到達時間保証
緊急停止	非常時にリモートからでも緊急停止	無線での緊急停止	押したら必ず止まること。止められることが保証できない状況では運転しないこと。	1. 緊急停止する装置との通信が許容遅延以上に途切れたら設備を止める。 2. 非常停止の要員を現場に立たせる。（遠隔は使わない）	・ 到達時間保証と信頼性（低パケットロス率（有線レベル））の両立
		安全規格対応	緊急停止は人の生死に関わるものが多く、安全規格の遵守は必須。	・ リモート操作しない。	—

自動運転＋テレオペレーションに必要な技術の洗い出し（３）

技術	内容	全体の課題	システム導入における妥協のポイント	妥協の仕方	考えられる研究課題
経路制御	地図等を用いた経路制御（自動走行）	センサー情報、地図データ、経路データのサーバと移動体間の同期	安全に走行できること。	1. 速度を落として走行。 2. 専用の走行車線を作る。 3. 有軌道へ変更。	・ 高速・広範囲に移動する移動体との安定した通信を実現するための動的エリア設計・エリア管理技術
通信エリア	屋内・屋外、敷地内外の広範囲な通信エリア対応	単一无線方式での全エリア化 または複数方式の組み合わせ	必要な場所で必要な帯域を確保できること。 必要な場所で必要な帯域を確保できること。	1. エリアの縮小、システムの縮小 2. エリアの細分化、システムの分割 3. 有線、手動の混在 同上	
動力	バッテリー駆動(充電方法も含む)又は内燃機関	一日持つバッテリー	稼働時間をカバーしきれること。	1. 非稼働時間中でのバッテリー交換 2. 稼働中のバッテリー交換。 3. 同一機器の並列稼働。 4. 固定電源から取る。（無線化しない）	・ 特定の電気容量の中で必要な通信をするための通信機
		または運用中の充電インフラ	稼働時間をカバーしきれること。	1. 非稼働時間帯での充電 2. 稼働中未使用時の逐次充電 3. 稼働中使用中の常時充電（無線給電？太陽電池？） 4. 固定電源から取る。（無線化しない）	
環境性能	防塵、防水、防爆、振動、紫外線、悪路、etc	各環境性能を持つデバイスの選定	故障せず使用できること。	1. 非対応デバイスを保護して使用（保護ケースに収納など） 2. 耐環境デバイスの開発。 3. 有線の対応デバイスを使用。	・ 耐環境デバイス

ある基地局において、SIerが変更不可能と思われるもの（標準化ベース）

項目名	可変／固定？	リアルタイムに変更可能？	デフォルト値（開示可能であれば）	最小値	最大値
TTI(Transmission Time Interval)	可変	Yes	SCSによる。例：15kHzの場合1ms、30kHzの場合0.5ms	18 us	1ms
band width (100MHz以外)	可変	Yes	特になし	5MHz/50MHz	100MHz/400MHz
semi-persistence scheduling (grantless)	可変	Yes	特になし	125us	640ms
ARP(Allocation and Retention Priority)	可変	PDU session setup/modify時に変更可能	特になし	1	15
Multiple PDU session	可変	PDU session setup/modify時に変更可能	特になし	1	15
IP Packet Filter	可変	PDU session establish/modify時に変更可能	特になし	0	1024
Ethernet Packet Filter	可変	PDU session establish/modify時に変更可能	特になし	0	1024
RLC-windows size	固定	No	SN:12bit, AM_Window_Size = 2048 SN: 18bit, AM_Window_Size = 131072 SN: 6bit, UM_Window_Size = 32 SN:12bit, UM_Window_Size = 2048	左記参照	左記参照
RLC-poll	可変	Yes	1 bit 0: status report not requested 1: status report is requested	NA	NA
RLC-SDU discard					
RLC-reset timer (or counter)					

ある基地局において、SIerが変更可能と思われるもの（標準化ベース）

項目名	可変／固定？	リアルタイムに変更可能？	デフォルト値（開示可能であれば）	最小値	最大値
下りリンクアンテナポート数	可変	Yes	RU装置による	1	32
下りリンクMIMO Layer	可変	Yes		1	8
上りリンクアンテナポート数	可変	Yes	UEによる	1	4
上りリンクMIMO Layer	可変	Yes		1	4
TDDスロット割り当て (同期/準同期)	可変	Yes	特になし	NA	NA
MCS	可変	Yes	特になし	pi/2-BPSK, 0.2344	1024QAM, 0.9278
RLC mode (AM/UM)	固定	No	特になし	NA	NA
UE inactive timer(RRC切断タイマー)	可変	RRCReconf時に変更可能 ※この記載はUE内部のdata inactivity timerを指す。 NW側のタイマの場合はインプリマターとなる	特になし	1s	180s
5QI=1,2,5,9	可変	No	特になし	NA	NA
Session-AMBR(PDN単位)	可変	PDU session setup/modify時に変更可能	特になし	UL: 0 bit/s DL: 0 bit/s	UL: 4,000,000,000,000 bit/s DL: 4,000,000,000,000 bit/s
UE-AMBR(端末単位)	可変	PDU session setupやUE context setup/modify時に変更可能	特になし	同上	同上

課題

- 基地局メーカーごとに実装されている・いじれるパラメータが違う
→ある程度統一できないのか？
- パラメータ同士の関係が複雑で何をどういじればどのような効果があるかわかりづらい
→ 簡単に調整できる/どうすればいいかが簡単にわかる方法はないか？
- キャリア向けシステムの洗練化に伴いB2B向けに必要と思われる機能がなくなっている
→標準仕様に戻せないか？



- ユーザー視点と技術者視点でそれぞれまとめる
- 実装ベースで調査を行いパラメータ変更による影響の具体例を示す

人材育成の課題

標準化とビジネス

- 自社領域の**新規技術**があってその**標準化**をするというモチベーションがある
 - 無線通信技術はすでに成熟している
- 企業における**評価はビジネス（製品）と直結**している
 - コモディティ化したものの組み合わせ（調達品）でシステム構築するのがメイン
 - 調達品（自社のものではない）に対して調達する側が標準化することはない
→**製品と標準化が直結しなくなっている**
- これまで
 - 技術→標準化
- これから（再び技術を軸にするのではなくゲームを変えることで勝つ）
 - 戦略→標準化
- 標準化 = 保険
 - 短期的なビジネスではなく長期的戦略やリスクヘッジや保険として標準化が必要
 - 保険にお金をかけるのは“当たり前”という意識の醸成が必要

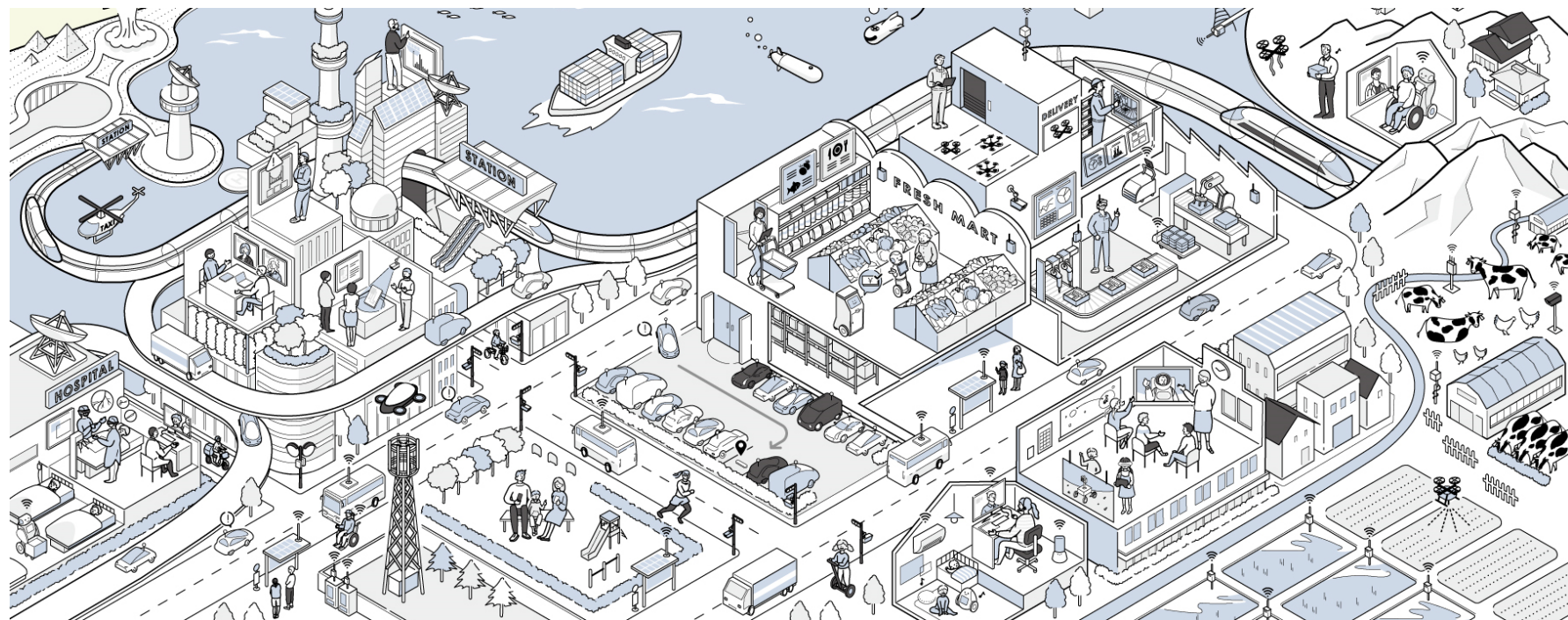
その他

普及の障壁

- 使い方に合わせて制度を変えず、すでにある制度に無理やりはめ込んでいる（想定している使い方と制度があっていない）
 - 設置する→免許が必要
 - 運用する→免許が必要
 - 角度を変える→免許取りなおし
 - 地域BWAさん（すでにとっているベンダーさん）との調整が個社任せ
- 免許を取るのにかなりの専門知識が必要
 - 境界条件が厳密であるのにシミュレーションの条件が厳密ではない

並行して改善の検討が必要か？

目指すスマート工場のイメージ



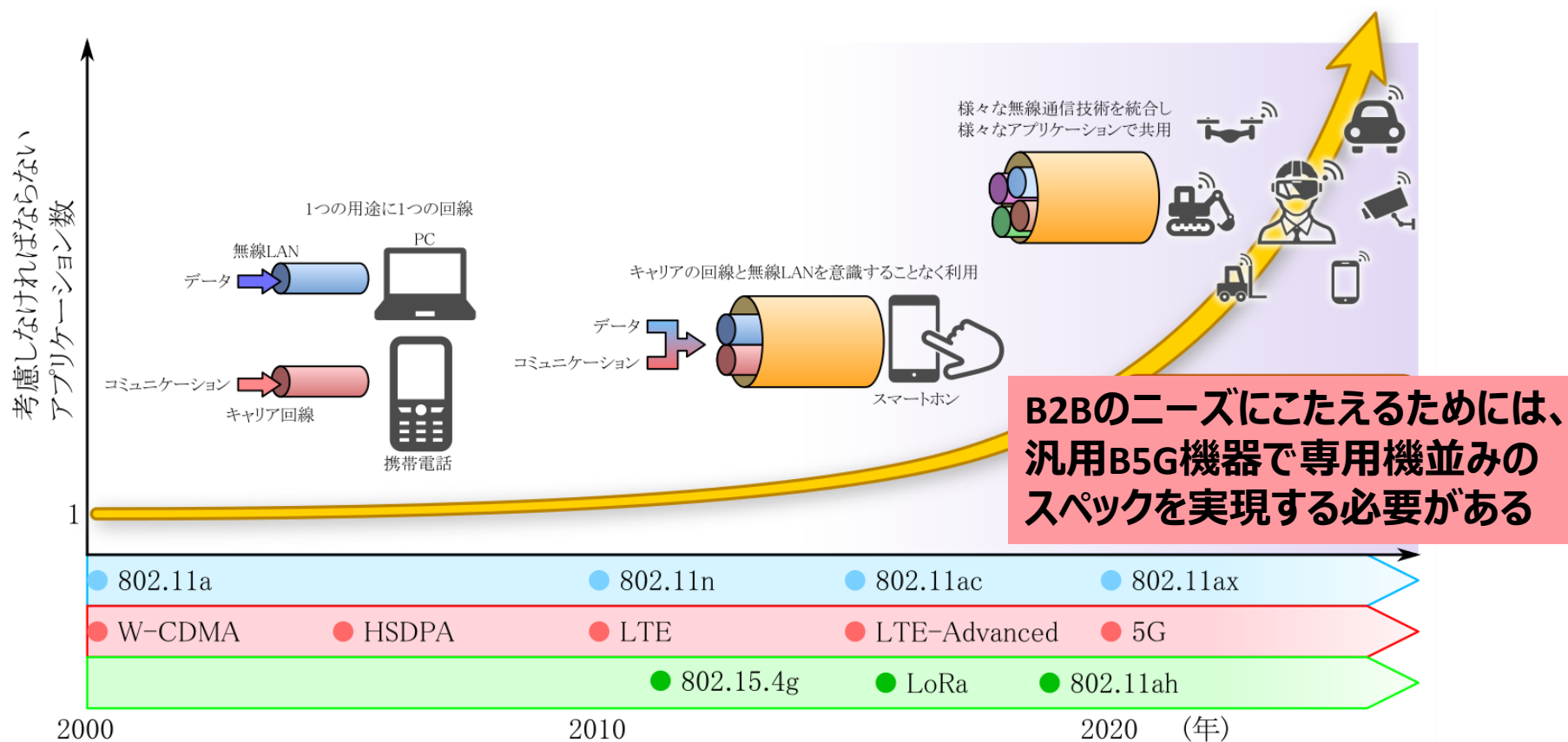
多品種少量生産や生産量の変動への対応だけでなく、無線通信技術を巧みに使い、組み換え可能・レイアウトフリーで分野違いの製品製造にも柔軟に対応でき、製造にかかわるすべてのデータが一元管理され、デジタルツインでバーチャルとリアルを連動させることで自動化・省人化・無人化が進んでも、故障知らずで安全安心なモノづくりが実現できる工場。

コミュニケーションとデータ通信の完全な融合によるデバイスの汎用化が加速

現実：
汎用デバイスの組み合わせによるシステム構築



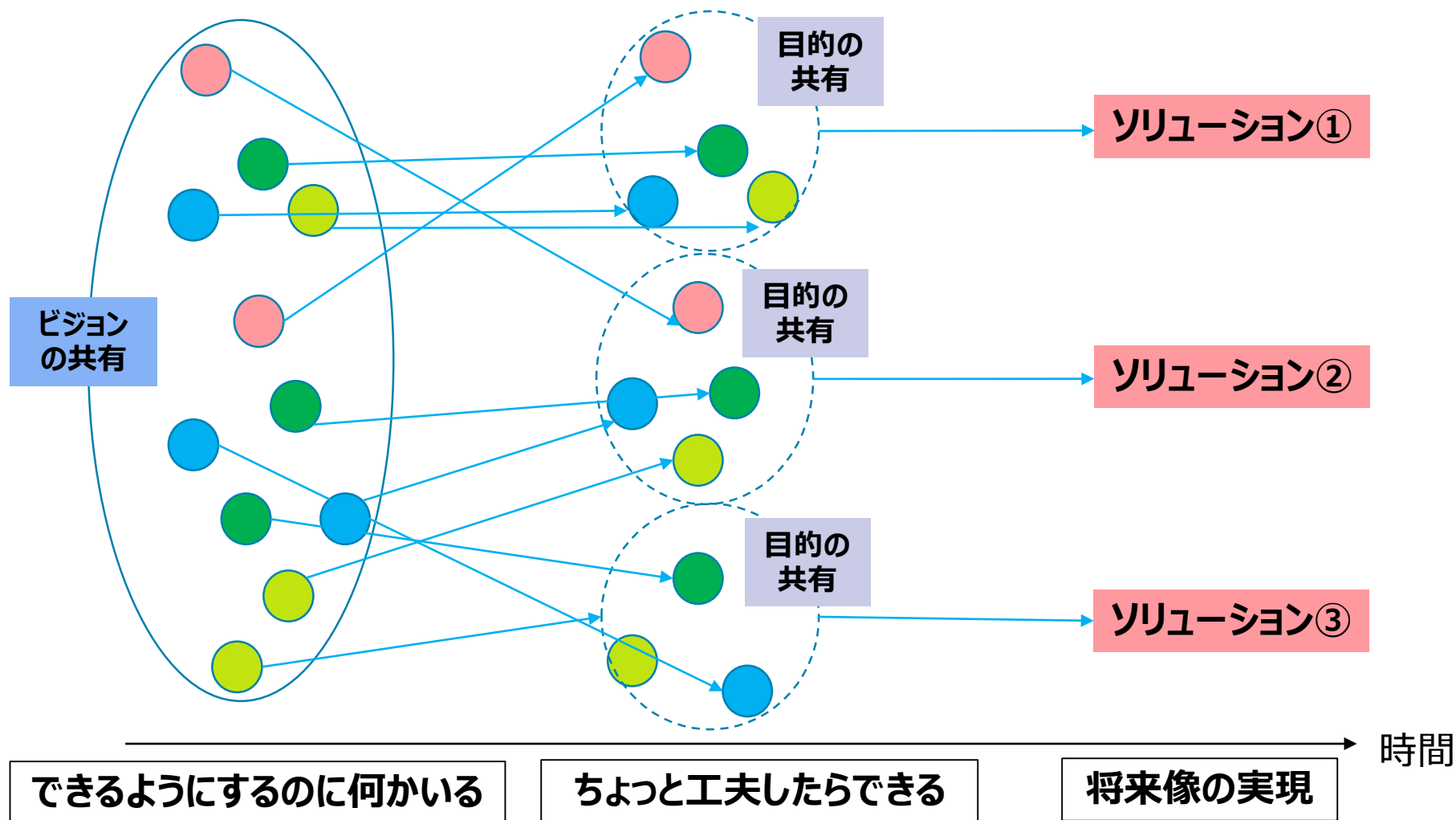
ニーズ：
専用システムのスペック



B5Gが製造現場のニーズにこたえるために

課題が存在する場所	課題	やるべきこと、アクションプラン（標準化とか研究開発）
工場の外からのサービス実現のためのアーキテクチャ	工場の外から制御する場合、外部ネットワークへの接続と、相互にデータのやり取りできる仕組みが必要だが、内部ネットワークには新旧の機器が混在して存在するため、外部ネットワークに接続できない	- 外部ネットワークとしてALL光のネットワークが必要 - 様々な状態のシステムが混在する環境でも規定レベルの安全性が担保するセキュリティ技術
障害発生時の対応	安全に遠隔運転・危険察知ができ、止まりたい場所で止まれ、曲がりたい場所で曲がれることが必要	リアリティのある数の無線システムが混在する環境下での2K/30FPSレベル遅延100msec以下の動画通信、制御用通信の到達時間保証の両立および動的変更
システム実装の制約	サイズやバッテリーなど、適用状況に合わせて必要な機能を実装することが必要	- 特定の電気容量の中で必要な通信をするための通信機 - 耐環境デバイスの開発
システム開発時のコスト	基地局メーカーごとに実装されている・いじれるパラメータが違うので、端末開発にコストがかかる	メーカー間でのインターフェースやパラメータの統一
	パラメータ同士の関係が複雑で何をどういじればどのような効果があるかわからないので端末開発にコストがかかる	パラメータの調整を簡易にする技術（自動調整など）
	キャリア向けシステムの洗練化に伴いB2B向けに必要なと思われる機能がなくなっている	3 GPPへの提案
システムの信頼性	汎用デバイスの組み合わせによるシステム構築で専用システムと同様の信頼性を実現する必要がある	- 標準化の際にB2Bを想定した機能を入れる - キャリアシステム実装時にB2B用機能を入れる - B2B向け専用の標準化・機器を開発する
システム運用時のコスト	現場の人がうまく運用できるための仕組みがない	自動運用の仕組み・アルゴリズムの開発

10年後を一緒に考えた同志との自然なパートナーリング



将来ビジョンの共有からスタートして関係性の醸成が必要

まとめと今後の課題

- 6G/B5Gに向けて求められるユースケースとアーキテクチャ
 - 自動運転＋テレオペレーション（それぞれの比率がアプリで違う）
 - ユーザーインサイトを活用し今後強化
- 産業分野横断的に取り組むべき課題
 - 課題・ステークホルダー・効果をセットで明確化
 - 技術開発・標準化を加速
- B5G時代を見据えた課題
 - アプリケーションを選定し具体的な機能を検討
 - 既存の標準化と実機の可能性と限界を見極める
- 人材育成の課題
 - 企業において製品と標準化が直結しなくなっている現状
 - 事業戦略と事業継続性マネジメントのための標準化
- その他
 - 制度の整備
 - 将来の長期的な協力関係構築可能な仕掛けを作る

ゲームチェンジ：
新技術のみでなく「意識の変化」が起こる“何か”が起こる必要がある

“何か”のヒントが活動を通して見えてくることに期待